



Docket No.: M&N-IT-467

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: September 3, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Martin Blöcker et al.  
Appl. No. : 10/621,535  
Filed : July 17, 2003  
Title : Method for Correcting Local Loading Effects in the Etching of Photomasks

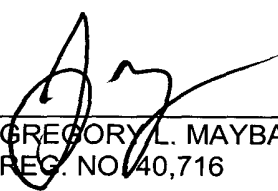
CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner for Patents,  
Alexandria, VA 22313-1450  
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 33 205.3 filed July 17, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
GREGORY L. MAYBACK  
REG. NO. 40,716

Date: September 3, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/mjb



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 33 205.3

**Anmeldetag:** 17. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Korrektur von lokalen Loading-Effekten  
beim Ätzen von Photomasken

**IPC:** G 03 F 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

## Beschreibung

Verfahren zur Korrektur von lokalen Loading-Effekten beim Ätzen von Photomasken

5

### **Stand der Technik**

Durch die großen Fortschritte in der Mikroelektronik werden die Strukturen integrierter Schaltkreise immer kleiner und die Zahl der auf einem Silizium-Plättchen angeordneten Elemente wie Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren und Leiterbahnen immer größer.

10

15

20

Im fotolithographischen Herstellungsverfahren werden solche Strukturen dadurch hergestellt, dass die Oberfläche eines Siliziumsubstrates mit einem lichtempfindlichen Lack überzogen ist, und dieser mit Hilfe einer Maske an den Stellen belichtet wird, an denen später eingegriffen werden soll. An den belichteten Stellen läßt sich der Fotolack leicht ablösen, wodurch die Siliziumoberfläche zum Ätzen freigegeben wird.

30

Ein bekanntes Problem bei der Herstellung von Halbleiterstrukturen mittels einer Maske durch Lithographie sind Schwankungen der hergestellten Strukturgrößen. Strukturgrößenschwankungen haben ihre Ursache in einzelnen Schritten des Herstellungsprozesses, beispielsweise in der Maskenentwicklung, dem Maskenätzen, dem Waferbelichten, dem Waferentwickeln, etc, aber auch in Fehlern der in dem Herstellungsprozess verwendeten Geräte, wie z.B. Linsenfehler der Stepper und Scanner.

35

Strukturgrößenschwankungen haben auch Auswirkungen auf das CD-Maß der Maske (CD=Critical Dimension). Das CD-Maß gibt eine charakteristische bei der Masken- oder Chipherstellung zu erzeugende Strukturgröße an.

Insbesondere können bei der Herstellung von  
fotolithographischen Masken Prozesseffekte zu lokalen CD-  
Schwankungen führen. Beispiele für solche Prozesseffekte  
sind "Fogging" bei Elektronenstrahlschreibern, "Loading" beim  
5 Trockenätzen, oder radiale Effekte durch Spin-Prozessierung  
beim Entwickeln oder Nassätzen.

10 Fogging entsteht dadurch, dass ein Teil der Elektronen des  
auf die Maskenoberfläche auftreffenden Elektronenstrahles zum  
Elektronenstrahlschreiber und von dort zurück auf die  
Maskenoberfläche reflektiert wird. Dadurch werden Bereiche  
der Maske mit Elektronen bestrahlt, in denen keine Strukturen  
hergestellt werden sollen.

15 Beim Loading wird ein Teil des zum Ätzen der Strukturen  
verwendeten Ätzmittels durch den in Bereichen der  
Maskenoberfläche befindlichen Fotolack absorbiert. Dies  
führt insbesondere an den Rändern des zu belichtenden  
Maskenbereichs zu CD-Schwankungen.

20 Radiale Effekte treten beim "Spin Processing" auf, wobei die  
Maske beispielsweise zur gleichmäßigen Auftragung von  
Entwicklermedium rotiert wird. Die Rotation wirkt sich  
jedoch nahe der Rotationsachse weniger stark aus, als in  
weiter von der Rotationsachse entfernten Bereichen. Dadurch  
kann nahe der Rotationsachse beispielsweise eine höhere  
Entwicklerkonzentration entstehen als in Randbereichen der  
Maske.

30 Insgesamt wird durch solche und ähnliche Effekte die  
Standardabweichung des CD-Maßes auf den Masken vergrößert, so  
dass die zu erreichenden Spezifikationen nicht eingehalten  
werden können.

35 In gewissen Grenzen lassen sich solche Effekte durch  
Prozessverbesserungen beheben, wie beispielsweise durch  
Änderung der Ätzchemie, um Loading-Effekte zu reduzieren.

Dies ist jedoch aufwändig und führt zu hohen Kosten bei der Masken- und/oder Chipherstellung.

5 Problematisch ist außerdem, dass bei Designdaten mit einer starken Variation der lokalen Belegungsdichte (z.B. Logik mit eDRAM) durch Loading-Effekte bedingte Variationen der CD lokal korrigiert werden müssen. Dies ist durch reine Prozessverbesserung oft nicht zu erreichen.

10 Eine Aufgabe der vorliegende Erfindung ist es, CD-Schwankungen bei der Herstellung von Masken zu kompensieren. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

15

#### **Zusammenfassung der Erfindung**

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren geschaffen zur Korrektur von lokalen Loading-Effekten beim Ätzen von Photomasken, mit folgenden Schritten:

20 Bestimmen der ortsabhängigen Dichte der Strukturen einer Maske;

Bestimmen der ortsabhängigen Stärke des Loading-Effekts anhand der Strukturdichte; und

Bestimmen von ortsabhängigen Korrekturwerten für die Maskenstrukturen anhand der Stärke des Loading-Effekts, zur Kompensation des Loading-Effekts.

30 Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Stärke von ortsabhängigen Loading-Effekten anhand der ortsabhängigen Strukturdichte vorausberechnet und diese damit kompensiert werden können.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in seiner allgemeinen Anwendbarkeit auf Masken mit beliebigen  
35 Strukturdichteverteilungen.

Die ortsabhängige Dichte  $d(x,y)$  der Maskenstrukturen kann durch Analyse des ortsabhängigen Hellfeldanteils der zu erzeugenden Maskenoberfläche bestimmt werden. Dunkle Anteile entsprechen dabei den Maskenstrukturen, während helle Anteile den Zwischenräumen zwischen den Strukturen entsprechen.

Insbesondere kann eine Pseudo-Dichtefunktion

$$p_{\sigma}(x,y)=[d \otimes g_{\sigma}](x,y)$$

10

gebildet werden, welche die lokalen Auswirkungen des Loading-Effekts durch eine Faltung der Dichtefunktion  $d(x,y)$  mit einer Gaussfunktion

15

$$g_{\sigma}(x,y)=\frac{1}{\sigma^2}e^{-(x^2+y^2)/\sigma^2}$$

modelliert. Dabei beschreibt die Länge  $\sigma$  die Reichweite des Loading-Effekts.

In einem weiteren Schritt kann die ortsabhängige Verschiebung der Kanten der Maskenstrukturen anhand der Stärke der des Loading-Effekts berechnet werden, wobei die Korrekturwerte diese ortsabhängige Verschiebung kompensieren. Insbesondere gilt für die Verschiebung der Strukturkanten an einer Stelle  $(x,y)$ :

25

$$s(x,y)=m(t_0 - p_{\sigma}(x,y)).$$

Die Funktion  $s(x,y)$  hängt also von den Parametern  $\sigma$ ,  $m$  und  $t_0$  ab.  $m$  beschreibt die Stärke des Loading-Effekts und hat die Dimension Länge/Dichte (z.B. nm/(1/ $\mu\text{m}^2$ )).  $t_0$  ist eine Referenzdichte mit der diejenige Pseudo-Dichte  $p_{\sigma}(x,y)$  gewählt wird, bei der keine Kantenverschiebung auftritt. Die Modellparameter  $\sigma$ ,  $m$  und  $t_0$  werden anhand von Messungen an

35

unkorrigierten Masken ermittelt. Ihre Werte hängen dabei stark vom verwendeten Ätzprozess ab.

Die zur Kompensation notwendige Korrekturfunktion wird nun durch Inversion des Vorzeichens von  $m$  aus der Funktion  $s(x, y)$  gebildet.

In weiteren Schritten können die Maskenoberfläche in Teilbereiche unterteilt und jedem dieser Teilbereiche ein Korrekturwert zugeordnet werden. Dadurch wird die Korrektur der Maskenstrukturen vereinfacht. Je feiner die Unterteilung der Maskenoberfläche in Teilbereiche, desto genauer die Korrektur, aber desto höher auch der Rechenaufwand.

Insbesondere kann eine Tabelle erzeugt werden, welche jedem Teilbereich einen Korrekturwert zuordnet. Auf diese Weise kann eine Korrektur auf besonders einfache Art durchgeführt werden.

Erfindungsgemäß ist außerdem ein Datenverarbeitungssystem geschaffen zum Entwurf des Layouts einer Maske, wobei das Datenverarbeitungssystem ausgebildet ist zum Einlesen von Designdaten, die das Layout einer herzustellenden Maske bestehend aus Maskenstrukturen darstellen, und zur Verarbeitung der Designdaten zur Korrektur des durch die Designdaten dargestellten Maskenlayouts anhand des oben beschriebenen Verfahrens zur Korrektur von Maskenstrukturen.

Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Datenverarbeitungssystem geschaffen zum Entwurf des Layouts einer Maske, wobei das Datenverarbeitungssystem ausgebildet ist zum Einlesen von ersten Designdaten, die das Layout einer herzustellenden Maske bestehend aus Maskenstrukturen darstellen, zur Verarbeitung der ersten Designdaten zur Bestimmung einer ortsabhängigen Dichte der Maskenstrukturen, zur Bestimmung einer ortsabhängigen Stärke eines Loading-Effekts anhand der Strukturichte, zur Bestimmung von ortsabhängigen

Korrekturwerten für die Maskenstrukturen anhand der Stärke des Loading-Effekts, und zur Erzeugung von zweiten Designdaten, die ein anhand der Korrekturwerte korrigiertes Layout der herzustellenden Maske darstellen.

5

Darüber hinaus ist ein Computerprogramm geschaffen zum Entwurf des Layouts einer Maske, und zur Korrektur von Maskenstrukturen gemäß dem Verfahren zur Korrektur von Maskenstrukturen auf einem Computer.

10

### **Beschreibung der Zeichnung**

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der Figur 1 erläutert.

15

Gemäß Figur 1 werden in einem ersten Schritt 10 lokale CD-Schwankungen auf einer unkorrigierten Maske gemessen. Um diese Messung durchzuführen, wird eine Maske ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Korrektur hergestellt.

20

In einem nachfolgenden Schritt 11 wird die Dichte von Strukturen der herzustellenden Maske bestimmt. Diese Bestimmung wird durch Verarbeitung der Designdaten, die das Layout der herzustellenden Maske darstellen, durchgeführt. Dabei werden die Designdaten bezüglich des lokalen Hellfeldanteils  $d(x,y)$  mit  $0 \leq d(x,y) \leq 1$  analysiert.

25

Die Strukturkanten werden durch die physikalisch-chemische Prozessierung der Maske in Abhängigkeit von der lokalen Stärke des belegungsdichteabhängigen Effekts verschoben. Für die Verschiebung an der Stelle  $(x,y)$  auf der Maske gilt

30

$$s(x,y) = m(t_0 - p_\sigma(x,y)),$$

wobei die Modellparameter  $\sigma$ ,  $m$  und  $t_0$  in einem Schritt 12

35

durch Anpassung der Verschiebefunktion  $s(x,y)$  an die Messdaten aus Schritt 11 bestimmt werden. Ist der Ätzprozess ausreichend stabil, so können die Parameter alternativ auch



aus vorab bekannten Daten entnommen werden, ohne dass in Schritt 11 eine unkorrigierte Maske hergestellt werden muss. Dieses Modell kann durch Inversion des Vorzeichens  $m$  ( $m \rightarrow -m$ ) zur Kompensation des Loading-Effekts verwendet werden. Dazu  
5 werden in einem weiteren Schritt 13 die Designdaten derart verarbeitet, dass das durch sie dargestellte Maskenlayout entsprechend diesem Modell korrigiert ist.

Die Korrektur kann insbesondere dadurch Generierung einer  
10 lokalen Größentabelle durchgeführt werden, die ortsabhängige Korrekturwerte enthält (Schritt 14). Mittels der Tabelle können verschiedenen Bereichen der Maskenoberfläche unterschiedliche Korrekturwerte zugeordnet werden. Die Korrekturwerte dienen der Größenanpassung der  
15 Maskenstrukturen und somit der Kompensation der Verschiebung der Strukturkanten aufgrund des ortsabhängigen Loading-Effektes.

Anzumerken ist, dass die Erfindung nicht auf das beschriebene  
20 Ausführungsbeispiel beschränkt ist, sondern Modifikationen im Rahmen des durch die Ansprüche definierten Schutzbereiches umfasst.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur von lokalen Loading-Effekten  
5 beim Ätzen von Photomasken, mit folgenden Schritten:

Bestimmen der ortsabhängigen Dichte der Strukturen einer Maske;

Bestimmen der ortsabhängigen Stärke des Loading-Effekts anhand der Strukturichte; und

- 10 Bestimmen von ortsabhängigen Korrekturwerten für die Maskenstrukturen anhand der Stärke des Loading-Effekts, zur Kompensation des Loading-Effekts.

- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die ortsabhängige Dichte der Maskenstrukturen durch Analyse des ortsabhängigen Hellfeldanteils der zu erzeugenden Maskenoberfläche bestimmt wird.

20

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, folgendem Schritt:  
Bilden einer Dichtefunktion  $d(x,y)$  zur Bestimmung der Dichte der Maskenstrukturen, wobei die Stärke des Loading-Effekts durch eine Faltung der Dichtefunktion mit einer  
5 Gaussfunktion bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgendem Schritt:

- 30 Bestimmen der ortsabhängigen Verschiebung der Kanten der Maskenstrukturen anhand der Stärke des Loading-Effekts, wobei die Korrekturwerte die ortsabhängige Verschiebung der Kanten der Maskenstrukturen kompensieren.

35

5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, wobei für die Verschiebung der Strukturkanten an einer Stelle  $(x,y)$  auf der Maskenoberfläche gilt:

5 
$$s(x,y)=m(t_0-p_\sigma(x,y)),$$

wobei  $p_\sigma(x,y)$  eine Pseudo-Dichtefunktion ist und die Modellparameter  $\sigma$ ,  $m$  und  $t_0$  anhand von Messungen an unkorrigierten Masken ermittelt werden.

10

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Pseudo-Dichtefunktion  $p_\sigma(x,y)$  durch Faltung der Dichtefunktion  $d(x,y)$  der Maskenstrukturen mit einer Gaussfunktion der Reichweite  $\sigma$  berechnet wird.

15

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Korrekturwerte mittels einer Korrekturfunktion bestimmt werden, die durch Inversion des Vorzeichens von  $m$  aus der Funktion  $s(x,y)$  gebildet wird.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgenden Schritten:

Unterteilen der Maskenoberfläche in Teilbereiche; und  
Zuordnen eines Korrekturwertes zu jedem der Teilbereiche.

30

9. Verfahren nach Anspruch 8, mit folgendem Schritt:  
Erzeugen einer Tabelle, welche jedem Teilbereich einen Korrekturwert zuordnet.

35

10. Datenverarbeitungssystem zum Entwurf des Layouts einer Maske, wobei das Datenverarbeitungssystem ausgebildet ist zum

- Einlesen von Designdaten, die das Layout einer herzustellenden Maske bestehend aus Maskenstrukturen darstellen, und zur Verarbeitung der Designdaten zur Korrektur des durch die Designdaten dargestellten Maskenlayouts anhand des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
11. Datenverarbeitungssystem zum Entwurf des Layouts einer Maske, wobei das Datenverarbeitungssystem ausgebildet ist zum Einlesen von ersten Designdaten, die das Layout einer herzustellenden Maske bestehend aus Maskenstrukturen darstellen, zur Verarbeitung der ersten Designdaten zur Bestimmung einer ortsabhängigen Dichte der Maskenstrukturen, zur Bestimmung einer ortsabhängigen Stärke eines Loading-Effekts anhand der Strukturichte, zur Bestimmung von ortsabhängigen Korrekturwerten für die Maskenstrukturen anhand der Stärke des Loading-Effekts, und zur Erzeugung von korrigiertes Layout der herzustellenden Maske darstellen.
12. Computerprogramm zum Entwurf des Layouts einer Maske, und zur Korrektur von Maskenstrukturen gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auf einem Computer.

Zusammenfassung

Verfahren zur Korrektur von Maskenstrukturen

- 5 Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Korrektur von lokalen  
Loading-Effekten beim Ätzen von Photomasken, mit folgenden  
Schritten: Bestimmen der ortsabhängigen Dichte der Strukturen  
einer Maske; Bestimmen der ortsabhängigen Stärke des Loading-  
Effekts anhand der Strukturdichte; und Bestimmen von  
10 ortsabhängigen Korrekturwerten für die Maskenstrukturen  
anhand der Stärke des Loading-Effekts, zur Kompensation des  
Loading-Effekts.. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis,  
dass die Stärke von ortsabhängigen Loading-Effekten anhand  
der ortsabhängigen Strukturdichte vorausberechnet und diese  
15 damit kompensiert werden können.

Fig. 1

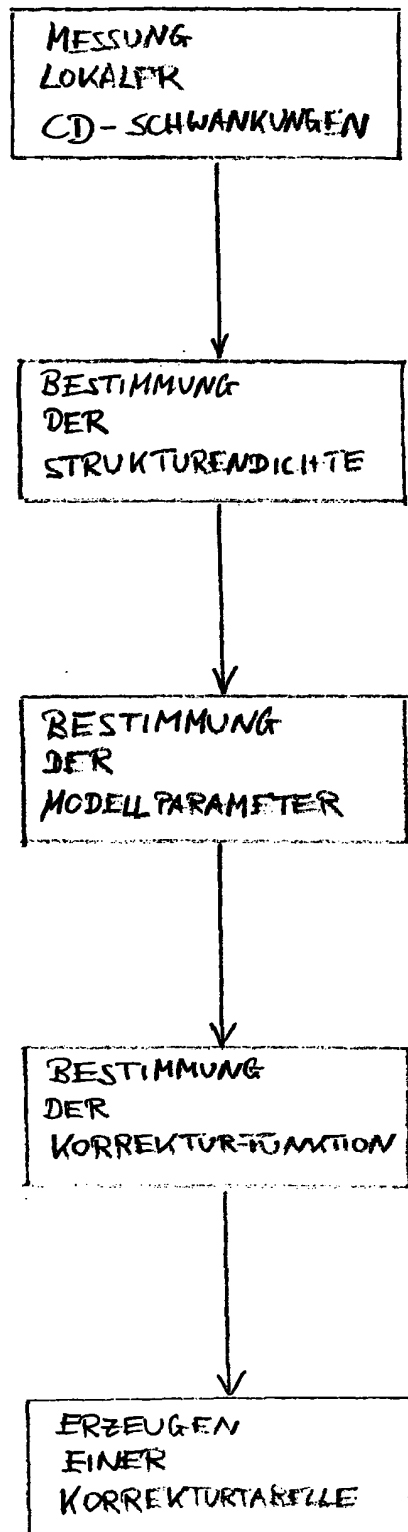


Fig. 1